



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 199 24 909 C 1

51 Int. Cl. 7:  
B 64 C 1/06  
B 64 C 1/12

21 Aktenzeichen: 199 24 909.1-22  
22 Anmeldetag: 31. 5. 1999  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 6. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

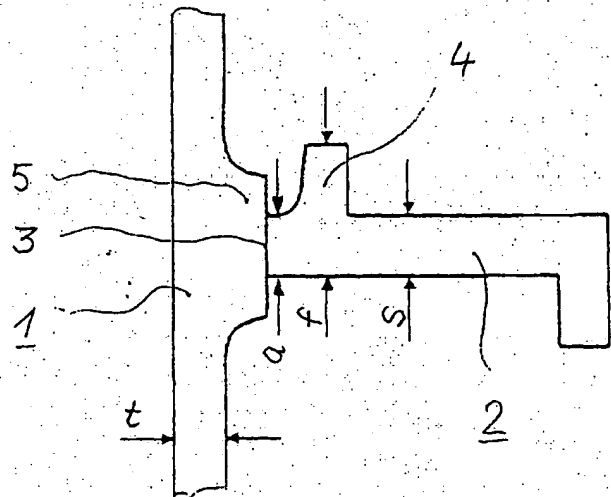
73 Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Palm, Frank, 81825 München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 196 39 667 C1

54 Metallisches Schalenbauteil

57 Aufgabe der Erfindung ist es, ein kostengünstiges metallisches Schalenbauteil mit integrierten Verstärkungsprofilen zu schaffen, das neben der erforderlichen Steifigkeit auch ein ausreichendes Reißfortschritts- und Reststeifigkeitsverhalten aufweist. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Verstärkungsprofile (2) im Fußbereich eine Aufdickung (4) mit einer Profilfußdicke (f) aufweisen, daß die Aufdickung (4) zur Anbindungsstelle (3) hin auf eine Anbindungsdicke (a) reduziert ist und daß das Verhältnis von Profilfußdicke (f) zu Anbindungsdicke (a) größer/gleich 2 ist. Die Erfindung findet Anwendung bei einem metallischen Schalenbauteil, bestehend aus einem Hautblech und Verstärkungsprofilen.



DE 199 24 909 C 1

DE 199 24 909 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft ein metallisches Schalenbauteil mit integrierten Versteifungsprofilen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, insbesondere ein Hautblech mit Stringern für Luftfahrzeuge.

Üblicherweise werden Flugzeugrümpfe aus zusammen-genieteten Hautblechen hergestellt, die aus Aluminium-Legierungen bestehen. Bei dem Entwurf der Flugzeugrümpfe sind vorgegebene Festigkeitsanforderungen zu erfüllen, wozu neben der statischen und der Dauerfestigkeit auch die Erfüllung eines Rißfortschritts- und Restfestigkeitsverhalten zählt. Die Erfüllung der vorgenannten Anforderungen spiegeln sich im Entwurf der Flugzeugrümpfe wieder; so findet man deshalb in den Schalenbauteilen der Außenhaut die Bauweise von Hautblechen mit aufgenieteten Stringern. Diese Bauweise dient vor allem dem hohen Anspruch an die Steifigkeit der Rumpfröhre.

Im Falle einer Rißbeschädigung des Hautbleches, mit einer angenommenen Rißausbreitung in Umfangsrichtung des Flugzeugrumpfes, vergrößert sich der Riß unter Betriebsbelastungen und trifft dabei auf einen Stringer. Wenn dieser aber durch eine Nietung oder Klebung an das Hautblech angebunden ist, kann der Riß üblicherweise unter dem Stringer hindurchwandern, ohne diesen dabei zu beschädigen. Die Beeinträchtigung der Restfestigkeit der Gesamtstruktur ist somit relativ gering und ein Versagen der Konstruktion nicht zu befürchten.

Um Fertigungs- und Betriebskosten zu sparen gibt es Bestrebungen, die Nietung der Stringer durch eine Schweißverbindung zu ersetzen (DE 196 39 667 C1). Dabei ist zu beobachten, daß ein quer zu einem aufgeschweißten Stringer auftretender Riß sich gleichermaßen im Hautblech und im Stringer ausbreiten kann und folglich den Stringer stark an- oder sogar durchreißt. Die Rißfortschritts- und die Restfestigkeit eines dermaßen geschädigten Schalenbauteiles sind deshalb schlechter als die eines genieteten Schalenbauteiles. Außerdem entstehen beim Schweißen der üblichen Stringer mittels des dafür verwendeten Laserstrahlschweißens immer wieder Risse in den Schweißnähten, deren Entstehung auf eine Behinderung der Schrumpfung beim Erkalten der Schweißnaht zurückzuführen ist. Der Einsatz von Schweißzusatzwerkstoffen zur Verbesserung der Erstarrungsbedingungen kann diesen Nachteil nur teilweise kompensieren.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein kostengünstiges metallisches Schalenbauteil mit integrierten Versteifungsprofilen zu schaffen, das neben der erforderlichen Steifigkeit auch ein ausreichendes Rißfortschritts- und Restfestigkeitsverhalten aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung verwendet vorteilhaft eine geometriebedingte, örtliche Verringerung von mechanischen Spannungsbelastungen in der Spitze eines in ein Versteifungsprofil des Schalenbauteiles eindringenden Risses und zum anderen die Kenntnis, daß zur Erreichung des erforderlichen Steifigkeitsverhaltens die Kräfte, die bei aufgenieteten Stringern von der Stringernietung aufgenommen werden müssen, relativ gering sind. Oft ist eine einfache Nietreihe für die Stringerbefestigung ausreichend. Bei aufgeschweißten Versteifungsprofilen kann deshalb die Schweißnahttiefe verringert werden. Dadurch wird das Schrumpfen verbessert und eine Verringerung der Heißrißbildung erreicht.

Eine geringere Schweißnahttiefe hat den zusätzlichen Vorteil, daß eine höhere Schweißgeschwindigkeit erreichbar ist, wodurch der von der Schweißtemperatur herrührende

Erwärmungsverzug der Schalenbauteile verringert wird.

Anhand der Zeichnung werden nachfolgend Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines Schalenbauteiles mit einem aufgeschweißten Versteifungsprofil, das im Fußbereich eine größere Profildicke aufweist.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines Schalenbauteiles mit einem aufgeschweißten Versteifungsprofil, das im Fußbereich eine größere Profildicke und eine reduzierte Anbindungsdicke aufweist.

Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt eines Schalenbauteiles mit einem aufgeschweißten Versteifungsprofil, das im Fußbereich eine größere Profildicke und eine reduzierte Anbindungsdicke sowie zusätzlich eine Einkerbung aufweist und

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt eines Schalenbauteiles, das als Strangpressprofil hergestellt ist.

Das in Fig. 1 gezeigte Schalenbauteil für einen Flugzeugrumpf besteht aus dem Hautblech 1 und aufgeschweißten, zueinander beabstandeten Versteifungsprofilen 2. In dem aus zeichnerischen Gründen gezeigten Ausschnitt des Schalenbauteiles ist in Fig. 1 nur eines von mehreren Versteifungsprofilen erkennbar.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel bestehen das Hautblech 1 und die Versteifungsprofile 2 aus einer AlMgSiCu-Legierung; die erfindungsgemäße Lösung ist jedoch auch auf andere metallische Werkstoffe verwendbar. Die Versteifungsprofile 2 sind in dem Ausführungsbeispiel als Stringer ausgebildet; die Erfindung kann aber auf beliebig andere Versteifungsprofile angewendet werden, die einer aus einem Hautblech herrührenden Rißbelastung ausgesetzt sein können.

Die Hautblechdicke  $t$  und die Profildicke  $s$  sind in dem gezeigten Ausführungsbeispiel in ihren Abmessungen weitgehend gleich und betragen beispielsweise etwa 1,6 bis 2 mm. Die Versteifungsprofile 2 sind mittels CO<sub>2</sub>-Laserstrahl-schweißen auf dem Hautblech 1 aufgeschweißt, wobei mit zwei Strahlquellen von beiden Seiten der Anbindungsstelle 3 unter einem sehr flachen Winkel unter Verwendung von Schweißzusatzdraht geschweißt wird. Bei der hier erfolgenden kompletten Durchschweißung der Anbindungsstelle 3 ergibt sich für jeden Laserstrahl eine minimale Einschweißtiefe von 1 mm, womit eine Schweißgeschwindigkeit zwischen 6 bis 10 m/min möglich wird. Bei steigender Laserleistung kann die Schweißgeschwindigkeit sogar größer als 10 m/min sein.

Zur Behinderung einer vom Hautblech 1 ausgehenden Rißausbreitung im Versteifungsprofil 2 weisen diese erfindungsgemäß in ihrem Fußbereich eine Aufdickung 3 auf. Durch die Aufdickung 3 wird das Verhältnis aus Anbindungsdicke  $a$  zu Profilfußdicke  $f$  verschoben, so daß die Spannungsintensität zum Rißfortschritt und folglich die Rißfortschrittsgeschwindigkeit im Versteifungsprofil 2 möglichst niedrig liegt. Das Verhältnis  $f/a$  soll dabei größer/gleich 2 sein, damit der Rißfortschritt stark verlangsamt wird oder der Riß in die Profil-Längsrichtung abgelenkt wird.

Im Ausführungsbeispiel wird das Hautblech 1 als gewalztes Blech mit den angestrebten Endabmessungen zum Schweißen vorbereitet. Dabei wird mittels "chemischen Fräsen" an den Stellen an denen die Versteifungsprofile 2 aufgeschweißt werden sollen, ein Sockel 5 erzeugt. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß die Wärmeeinflußzone, welche nach dem Schweißen durch metallurgische Vorgänge irreversibel im Hautblech zurückbleibt, bei einer Verwendung des Schalenbauteiles im Flugzeugbau aus Festigkeitsvorgaben nicht in die nominale Hautblechdicke  $t$  hineinreichen darf.

Die erfindungsgemäße Lösung ist nicht auf die in Fig. 1

gezeigte Ausbildung der Aufdickung 3 beschränkt. Die in Fig. 1 gezeigte Ausbildung entspricht einer vorteilhaft herstellbaren Z-Form an. Die Aufdickung 3 könnte beispielsweise den Fußschenkel des Versteifungsprofils 2 aber auch symmetrisch aufweiten.

Eine weitere unterstützende Maßnahme zur Unterdrückung einer Rißausbreitung in das Versteifungsprofil (2) hinein wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß auch das Verhältnis der Profilfußdicke (f) zur Hautblechdicke (t) größer/gleich 2 ausgelegt ist, wodurch ebenfalls das Verhältnis der Spannungsintensitäten beeinflusst wird.

Das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel entspricht dem vorangehend zu Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiel, weist aber demgegenüber eine reduzierte Anbindungsdicke a auf. Im vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiel entsprach die Anbindungsdicke a der Profildicke s. Eine Reduzierung der Anbindungsdicke a kann aufgrund der geringen Belastungen der Schweißnaht problemlos ausgeführt werden. Eine Halbierung oder Drittelung der Anbindungsdicke kann ohne Erzeugung einer zu hohen Linienspannung vorgenommen werden. Diese Reduzierung hat einen mehrfach positiven Effekt; neben einer Verstärkung der schon vorangehend beschriebenen Reduktion des Rißfortschritts bzw. der Erzeugung einer Rißablenkung treten wegen der hier geringeren Schweißnahttiefe weniger Schrumpfspannungen beim Erstarren der Schweißnaht und folglich weniger Heißrisse auf. Die Schweißnahttiefe der voll durchgeschweißten Anbindungsstelle 3 reduziert sich mit der Anbindungsdicke a. Außerdem sind bei einer geringeren Schweißnahttiefe größere Schweißgeschwindigkeiten möglich.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das dem in Fig. 2 beschriebenen Ausführungsbeispiel entspricht, zusätzlich im Bereich des Profilfußes noch eine Einkerbung 6 zur weiteren Verringerung der Steifigkeit des Versteifungsprofils 2 im Bereich der Anbindungsstelle 3 aufweist. Dadurch bringt der Profilfuß den Schrumpfkraften während des Schweißens weniger Widerstand entgegen und es reduziert sich die Gefahr der Heißrißbildung.

Die Einkerbung 6 kann für ein Einseitenschweißen – wie in Fig. 3. gezeigt – nur auf einer Seite oder für ein beidseitiges Schweißen auf beiden Seiten des Profilfußes ausgebildet sein.

Die voranstehend beschriebene Maßnahme der Ausbildung von Einkerbungen zur Verringerung der Steifigkeit des Profilfußes ist auch auf das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 anwendbar, in dem die Anbindungsdicke a nicht gegenüber der Profildicke s reduziert ist.

Neben der Ausbildung einer Einkerbung kann der erwünschte Effekt auch durch das Einbringen von lokalen Druckspannungen erreicht werden. Dazu wird anstelle einer Einkerbung durch Walzen oder Rollen eine Verdichtungskerbe erzeugt. Die damit im Profilfuß generierten Druckspannungen heben sich gegen die während des Schweißens auftretenden Zugschumpfspannungen auf und reduzieren so die Gefahr von Heißrisen.

Das in Fig. 4 gezeigte Schalenbauteil ist abweichend von den voranstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen nicht durch Schweißen hergestellt, sondern durch Strangpressen eines monolithischen Bauteiles bestehend aus Hautblech und Versteifungsprofilen. Diese Herstellungsweise verursacht weniger Aufwand, als die Herstellung mit aufgeschweißten Versteifungsprofilen. Die Probleme hinsichtlich des strukturellen Verhaltens – insbesondere der Restfestigkeit im beschädigten Zustand – sind mit denen von geschweißten Schalenbauteilen gleichzusetzen. Demzufolge können die vorangehend zu Fig. 1 und Fig. 2 vorgestellten Lösungsmerkmale der Optimierung des Verhältnisses von

Profilfußdicke f zu Anbindungsdicke a auch auf die Gestaltung eines derartigen Schalenbauteiles übertragen werden. Der in Fig. 4 gezeigte Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels zeigt ein hinsichtlich des Rißfortschrittsverhaltens optimiertes Strangpressprofil 7 mit der Ausbildung einer Aufdickung 4 im Versteifungsprofil. Entscheidend für das Rißfortschrittsverhalten ist wiederum das Verhältnis von Anbindungsdicke a zu Profilfußdicke f.

Die Herstellung eines kompletten Schalenbauteiles durch ein großes Strangpressprofil ist zwar technisch möglich, bereitet aber insbesondere bei kleinen Hautblechdicken t Fertigungsprobleme bezüglich der Einhaltung von Maßtoleranzen und der Vermeidung von Oberflächenfehlern. Einfacher ist es, schmale Strangpressprofile mit beispielsweise 3 oder 4 Stringern abzupressen und diese dann mittels Stumpfstoßschweißungen oder Nieten zu kompletten Schalenbauteilen zu vereinen. Das Stumpfstoßschweißen kann als Lichtbogen-, Laser-, Elektronenstrahl- oder als Reib-Rührschweißen ausgeführt sein.

Alternativ zur Verwendung von Strangpressprofilen 7 lassen sich kleine Schalenbauteile mit wenigen Versteifungsprofilen (2) auch aus dem Vollen fräsen und dann zu einem größeren Schalenbauteil zusammenschweißen oder -nieten.

#### Patentansprüche

1. Metallisches Schalenbauteil bestehend aus einem Hautblech und Versteifungsprofilen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Versteifungsprofile (2) im Fußbereich eine Aufdickung (4) mit einer Profilfußdicke (f) aufweisen, daß die Aufdickung (4) zur Anbindungsstelle (3) hin auf eine Anbindungsdicke (a) reduziert ist und daß das Verhältnis von Profilfußdicke (f) zu Anbindungsdicke (a) größer/gleich 2 ist.
2. Schalenbauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anbindungsdicke (a) kleiner gleich der Profildicke(s) des unverdickten Versteifungsprofils (2) ist.
3. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steifigkeit des Versteifungsprofils im Bereich der Anbindungsstelle (3) durch eine oder zwei gegenüberliegende Einkerbungen (6) reduziert ist.
4. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Versteifungsprofil (2) im Bereich der Anbindungsstelle (3) durch Walzen oder Rollen eine Verdichtungskerbe erzeugt ist.
5. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis von Profilfußdicke (f) zur Hautblechdicke (t) größer/gleich 2 ist.
6. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Versteifungsprofile (2) auf das Hautblech (1) aufgeschweißt sind.
7. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schalenbauteil als Strangpressprofil (7) ausgebildet ist.
8. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schalenbauteil bestehend aus Hautblech (1) und Versteifungsprofilen (2) durch Fräsen aus dem Vollen hergestellt ist.
9. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schalenbauteil aus mehreren kleineren geschweißten Schalenbauteilen, Strangpressprofilen (7) oder gefrästen Schalenbauteilen mittels Stumpfstoßschweißen oder Nieten zu einem größeren Schalenbauteil zusammengesetzt ist.
10. Schalenbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schalenbauteil zum

Aufbau eines Flugzeugrumpfes verwendet wird, aus einer Al-Luftfahrt-Legierung hergestellt ist und die Verstärkungsprofile (2) als Stringer an das Hautblech (1) angebunden sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

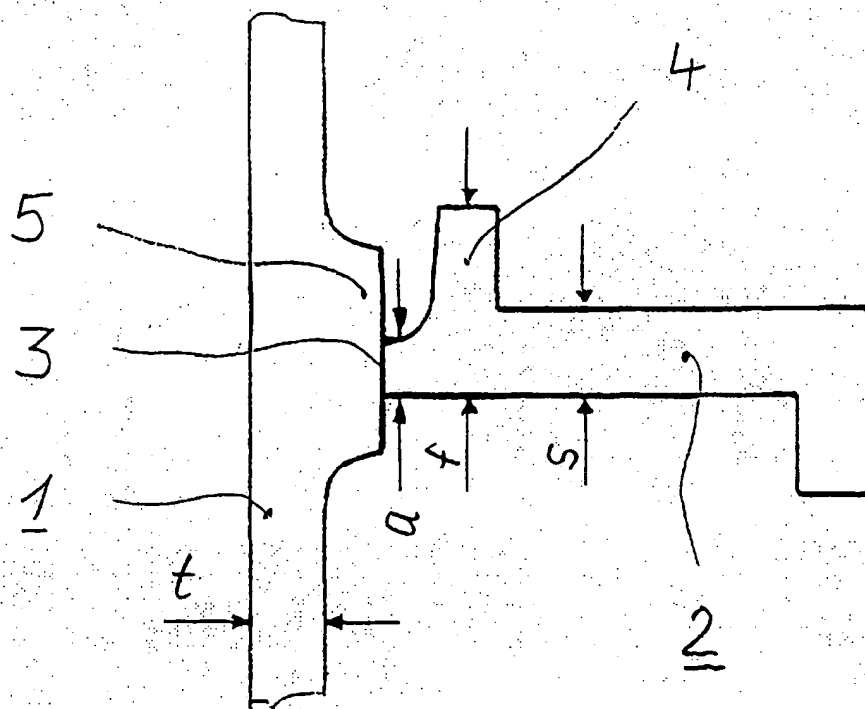
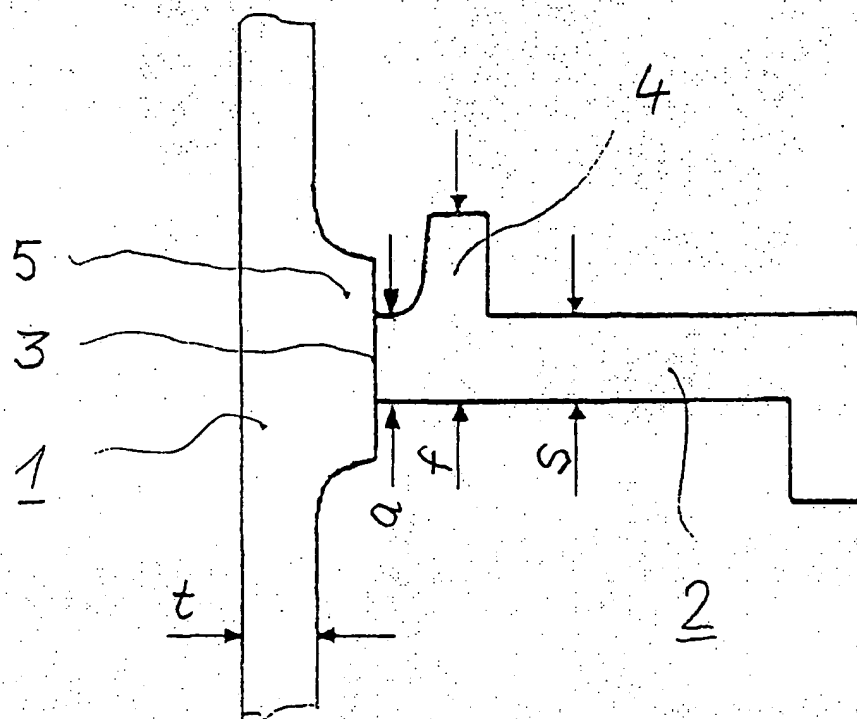
45

50

55

60

65



**BEST AVAILABLE COPY**

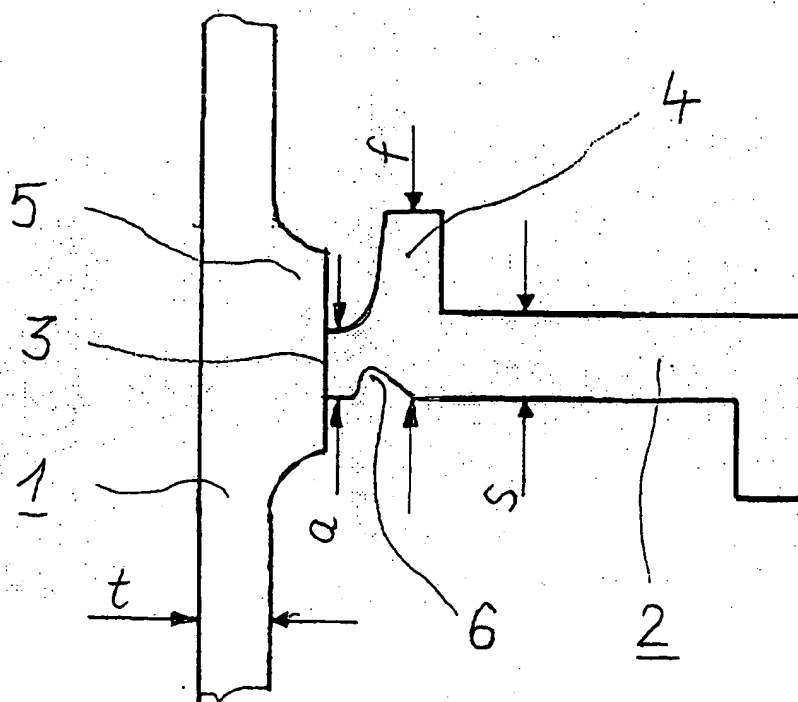


Fig. 3

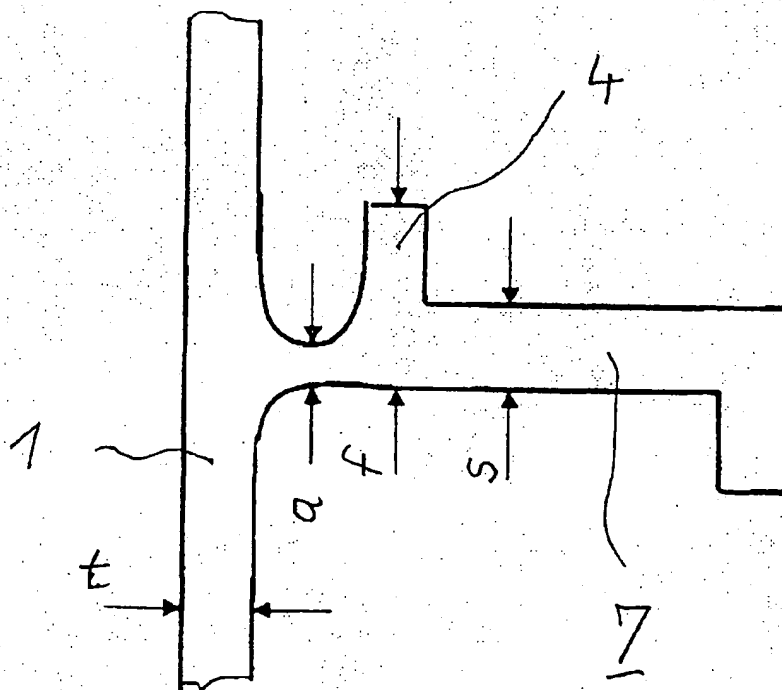


Fig. 4